



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 a. 3次元空間に立体的に配置された少なくとも4つの基準ターゲットを計測対象物に設ける行程と、  
 b. 計測対象物から離間して所定位置に配置された非接触式位置検出装置を用いて、前記各基準ターゲットの各々の位置及び計測対象物の計測点の位置をそれぞれ計測する行程と、  
 c. 計測対象物を回転させて、1つあるいは複数の回転状態について前記行程bを実施する行程と、  
 d. 各回転状態における基準ターゲットの位置に基づいて、該各回転状態における各座標系を1つの統合座標系に統合する行程と、  
 e. 該統合座標系に対して各計測点の位置を補正する行程と、  
 を有することを特徴とする3次元計測方法。  
 【請求項2】 請求項1記載の3次元計測方法において、各回転状態における基準ターゲットの位置に最小2乗法を適用することにより、各座標系を統合することを特徴とする3次元計測方法。  
 【請求項3】 請求項1または2記載の3次元計測方法において、計測対象物をターンテーブルに載せて回転させることを特徴とする3次元計測方法。  
 【請求項4】 請求項1ないし3いずれかに記載の3次元計測方法において、基準ターゲットは、常に非接触式位置検出装置の方向を向くように回動自在に設けることを特徴とする3次元計測方法。  
 【請求項5】 計測対象物が載置される回転自在な回転手段と、  
 計測対象物あるいは回転手段に3次元空間に立体的に配置された少なくとも4つの基準ターゲットと、  
 前記回転手段から離間して配置され、前記基準ターゲット及び計測対象物の複数の計測点の位置を非接触で計測する非接触式位置検出装置と、  
 回転手段の複数の回転状態における基準ターゲットの位置に基づいて各回転状態における座標系を統合し、該統合によって得られた統合座標系に対して各計測点の位置を補正する演算装置と、  
 を具備することを特徴とする3次元計測装置。  
 【請求項6】 請求項5記載の3次元計測装置において、各回転状態における基準ターゲットの位置に最小2乗法を適用して各座標系を統合することを特徴とする3次元計測装置。  
 【請求項7】 請求項5または6記載の3次元計測装置において、回転手段がターンテーブルであることを特徴とする3次元計測装置。  
 【請求項8】 請求項5ないし7いずれかに記載の3次元計測装置において、基準ターゲットは、常に非接触式位置検出装置の方向を向くように回動自在に設けられることを特徴とする3次元計測装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体(計測対象物)の3次元形状を計測する3次元計測方法及び装置に係わり、特に非接触で物体の3次元形状を計測する技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】物体の3次元形状を光あるいは超音波等を用いて、非接触状態で計測する3次元計測技術が実用化されている。例えば、光を用いた3次元計測技術では、近赤外線を放射/受光する測距手段を物体から一定距離隔てて配置し、測距手段の鉛直軸を中心に回転しながら測距手段から物体の所用各部位までの距離及び角度を計測し、それより所用各部位の3次元座標を算出する。橋梁ブロック等の大型構造物の場合、測距手段の配置位置によっては死角が発生するため、測距手段を移動させて反対方向からの物体の所用部位までの距離及び角度を計測し、それより所用各部位の3次元座標を算出する。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記3次元計測技術による計測精度は、①測距手段自体の測距誤差、②測距手段の移動前後における座標系の誤差、に支配される。特に後者による誤差の計測精度に与える影響は大きく、当該技術分野においては、これの克服が要望されていた。また、上記3次元計測技術では、物体の周囲で測距手段を移動させるために比較的大きな計測空間を必要とする。特に大型の構造物を3次元計測しようとする場合には、この傾向が強く、大型構造物の3次元計測を実行する上での制約条件にもなっている。

【0004】本発明は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、以下の点を目的とするものである。

- ①測距手段を計測対象物に対して移動させる必要のない3次元計測方法を提供する。
- ②計測精度を向上させることができ可能な3次元計測方法を提供する。
- ③比較的狭いスペースでの計測が可能な3次元計測方法を提供する。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためには、3次元計測方法に係わる手段として、a. 3次元空間に立体的に配置された少なくとも4つの基準ターゲットを計測対象物に設ける行程と、b. 計測対象物から離間して所定位置に配置された非接触式位置検出装置を用いて、前記各基準ターゲットの各々の位置及び計測対象物の計測点の位置をそれぞれ計測する行程と、c. 計測対象物を回転させて、1つあるいは複数の回転状態について前記行程bを実施する行程と、d. 各回転状態における基準ターゲットの位置に基づいて、該各回転状態における各座標系を1つの統合座標系に統合する行程と、

e. 該統合座標系に対して各計測点の位置を補正する行程とを有する手段が採用される。また、上記手段において、各回転状態における基準ターゲットの位置に最小2乗法を適用することにより、各座標系を統合するという手段が採用される。また、計測対象物をターンテーブルに載せて回転させるという手段が採用される。さらに、常に非接触式位置検出装置の方向を向くように基準ターゲットを回動自在に設けるという手段が採用される。一方、3次元計測装置に係わる手段として、計測対象物が載置される回転自在な回転手段と、計測対象物あるいは回転手段に3次元空間に立体的に配置された少なくとも4つの基準ターゲットと、前記回転手段から離間して配置され、前記基準ターゲット及び計測対象物の複数の計測点の位置を非接触で計測する非接触式位置検出装置と、回転手段の複数の回転状態における基準ターゲットの位置に基づいて各回転状態における座標系を統合し、該統合によって得られた統合座標系に対して各計測点の位置を補正する演算装置とを具備する手段が採用される。また、上記手段においても、各回転状態における基準ターゲットの位置に最小2乗法を適用して各座標系を統合するという手段が採用される。また、回転手段をターンテーブルとするという手段が採用される。さらに、基準ターゲットは常に非接触式位置検出装置の方向を向くように回動自在に設けられるという手段が採用される。

#### 【0006】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明に係わる3次元計測方法及び装置の一実施形態について説明する。まず、図1は、本実施形態の3次元計測装置の構成を示す斜視図である。この図において、符号Mは矩形状の計測対象物であり、水平面内で回転するターンテーブル1(回転手段)上に載置されている。ターンテーブル1は、回転駆動装置2によって任意の角度に回転駆動されるようになっているとともに、同一平面上にない4つの基準ターゲットA～Dが計測対象物の外側に備えられている。

【0007】この4つの基準ターゲットA～Dは、3次元空間に立体的に配置されており、例えばX軸-Y軸-Z軸からなる3次元座空間において、何れかの軸の座標値が相互に異なるような相互位置関係で配置されている。また、この基準ターゲットA～Dは、ターンテーブル1の回転に対して、常に非接触式位置検出装置3の方向を向くように回動自在にターンテーブル1に固定されている。

【0008】符号3は、上記ターンテーブル1の周囲に離間して配置・固定された非接触式位置検出装置であり、上記基準ターゲットA～D及び計測対象物Mについて設定された複数の計測点の位置を検出するものである。例えば、当該計測対象物Mは矩形状であるので、計測点としては8つの各頂点a～hが予め選定される。こ

の非接触式位置検出装置3は、例えば近赤外線光等を上記基準ターゲットA～Dに放射し、その反射光に基づいて基準ターゲットA～Dの位置を非接触で検出するものである。ここで、この非接触式位置検出装置3は、上記基準ターゲットA～Dに光が直接当たる、つまり基準ターゲットA～Dに対して見通しの利く位置に固定される。

【0009】符号4は演算装置4であり、非接触式位置検出装置3によって検出された基準ターゲットA～Dの位置情報及び計測対象物Mについて複数設定された計測点の位置情報に基づいて、計測対象物Mの3次元形状を示す形状データ及び該形状データをさらに加工して3次元画像データを生成する。表示装置5は、該3次元画像データに基づいて計測対象物Mの3次元画像を表示するものである。例えば、上記演算装置4と表示装置5とは、エンジニアリングワークステーション(ESW)やパーソナルコンピュータ等の汎用コンピュータによって実現することが考えられる。

【0010】続いて、上記3次元計測装置を用いた計測方法について、図2に示すフローチャートに沿って説明する。なお、本実施形態では、計測対象物Mが矩形状であり、上記各頂点a～hの位置を検出することによってその3次元形状を計測する。

【0011】例えば、クレーン等によって計測対象物Mがターンテーブル1上に載置され、非接触式位置検出装置3から各基準ターゲットA～Dを見通すことができるよう、ターンテーブル1の回転角度が回転駆動装置2によって調節されると、計測が開始される。上記図1は、この状態つまり第1の状態を示している。

【0012】この状態において、まず基準ターゲットA～Dの各位置が非接触式位置検出装置3によって計測される(ステップS1)。この基準ターゲットA～Dの各位置を示す各位置データは、演算装置4に入力されて内部メモリに記憶される。次に、計測対象物Mについて非接触式位置検出装置3から見通すことができる頂点の位置、すなわち各頂点a～dの位置が第1の状態における計測点の位置として計測され(ステップS2)、該計測による各位置データは演算装置4に入力されて記憶される。

【0013】次に、回転駆動装置2が作動されてターンテーブル1が所定角度、例えば180度回転される(ステップS3)。この状態が第2の状態であり、再度基準ターゲットA～Dの各位置が非接触式位置検出装置3によって計測される(ステップS4)。この第2の状態では、上記第1の状態において非接触式位置検出装置3から見通すことのできなかった頂点、すなわち各頂点e～hの位置が計測されて演算装置4に記憶される(ステップS5)。

【0014】そして、全ての計測点について位置の計測が終了したか否かが判断される(ステップS6)。い

ま、上記ステップS2, S5において計測対象物Mの全ての頂点a～hの位置の計測が終了しているので、ステップS6における判断は「Y e s」となり、上記第1の状態における基準ターゲットA～Dの各位置と第2の状態における基準ターゲットA～Dの各位置とに基づいて、第1の状態における座標系と第2の状態における座標系とが統合される(ステップS7)。

【0015】ここで、上述したようにX軸-Y軸-Z軸からなる3次元空間において何れかの軸の座標値が相互に異なるように配置されているので、演算装置4は、各基準ターゲットA～Dの位置に基づいて第1, 第2の各状態における3次元座標系をそれぞれ生成し、該各3次元座標系に対する座標として各頂点a～d及び頂点e～hの各位置を認識することになる。

【0016】しかし、第1, 第2の各状態はターンテーブル1の回転前後の状態であり、第1の状態における3次元座標系と第2の状態における3次元座標系とは異なるった座標系となっている。したがって、第1の状態における頂点a～dの位置と第2の状態における頂点e～hの位置とは異なるった座標系に対する位置であり、頂点a～dの位置と頂点e～hの位置とをそのまま計測対象物Mの形状を示す位置とすることはできない。

【0017】このような事情から、本実施形態では、上記第1, 第2の状態における各座標系の統合に最小2乗法を用いる。すなわち、第1, 第2の状態における各基準ターゲットA～Dの位置について最小2乗法を適用することにより、基準ターゲットA～Dの統合位置がそれぞれ算出される。そして、この基準ターゲットA～Dに係わる統合位置に基づいて1つの3次元座標系(統合座標系)を生成して、上記頂点a～dの位置と頂点e～hの位置とを統合座標系に対する位置(補正位置)に補正する。

【0018】このようにして生成された統合座標系に対する各頂点a～hの補正位置に基づいて、計測対象物Mの3次元形状を示す形状データ(各辺の長さや方向を示すデータ)が演算装置4によって生成される(ステップS8)。そして、さらに計測対象物Mの3次元形状を3次元画像表示するための3次元画像データが演算装置4によって生成されて(ステップS9)、表示装置5に出力される。

【0019】なお、上記実施形態では第1, 第2の2つの状態において計測対象物Mの各頂点の位置を計測することにより、その3次元形状を計測する方法について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。計測対象物Mの形状によっては、第1の状態と該第1の状態に対してターンテーブル1を180度回転させた状態である第2の状態による計測のみでは、全ての頂点の位置を計測できない場合がある。このような場合には、ターンテーブル1をさらに細かい角度だけ回転させた状態

において、非接触式位置検出装置3から見通すことできる頂点の位置を計測することになる。この場合、各状態において計測された基準ターゲットA～Dの各位置が、上述したように最小2乗法等を用いて統合される。

【0020】また、上記実施形態では4つの基準ターゲットA～Dを立体的に設けたが、少なくとも4つの基準ターゲットがターンテーブルに配置されていれば、上述した方法によって各回転状態の座標系を1つの統合座標系に統合することができる。さらに、基準ターゲットを10 ターンテーブルに設けるのではなく、別途、計測対象物に固定することが考えられる。この場合、計測対象物の形状等に応じて最適な位置に基準ターゲットを配置することができる。

#### 【0021】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係わる3次元計測方法及び装置によれば、以下のような効果を奏する。

(1) 各回転状態において非接触式位置検出装置によって計測された基準ターゲットの位置に基づいて、該各回転状態における各座標系を1つの統合座標系に統合して、該統合座標系に対して各計測点の位置を補正するので、非接触式位置検出装置を計測対象物に対して移動させることなく計測対象物の3次元形状を計測することができる。

(2) 非接触式位置検出装置を移動させる必要がないので、従来のように非接触式位置検出装置の移動に基づく誤差が解消されるため、計測精度を向上させることができ。

(3) 非接触式位置検出装置を移動させる必要がないので、比較的狭いスペースでの3次元計測が可能である。したがって、比較的大型の計測対象物の3次元計測に有効である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係わる3次元計測方法及び装置の一実施形態において、3次元計装置の構成を示す斜視図である。

【図2】 本発明に係わる3次元計測方法及び装置の一実施形態において、3次元計測方法の手順を示すフローチャートである。

#### 40 【符号の説明】

A～D……基準ターゲット

M……計測対象物

a～h……頂点

1……ターンテーブル(回転手段)

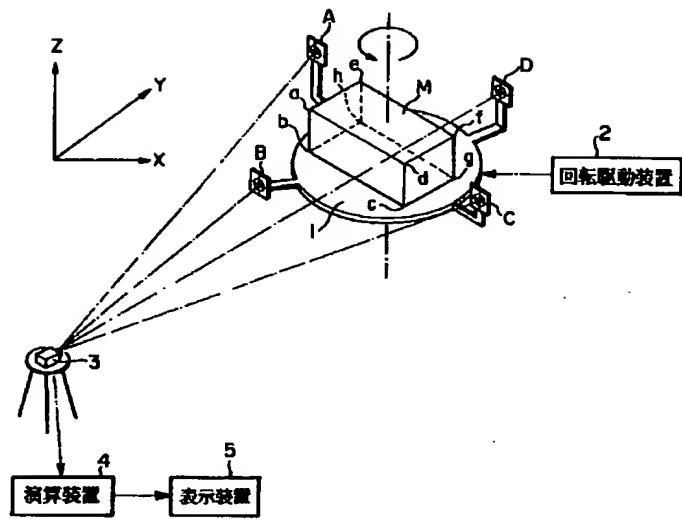
2……回転駆動装置

3……非接触式位置検出装置

4……演算装置

5……表示装置

【図1】



【図2】

